

DISEÑO DEL MAPA DE RIESGO DE CALIDAD DE AGUA POTABLE PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO NEUSA EN EL TRAMO DESDE LA PLANTA HASTA LA PLAZUELA

Julieth Paola Ayala Hernández, Ángela Milena Gutiérrez Tuta

Estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás Bogotá

Resumen

En Colombia, se han desarrollado estudios que permiten conocer el déficit en el suministro de agua potable en diferentes regiones del país, pues una gran parte de la población hace uso del agua escasa de tratamiento y agua cruda captada directamente de las fuentes, lo que evidencia una afectación en su diario vivir con posibles eventos de morbilidad por contaminación del agua.

A partir de las fallas en el manejo de recursos vitales para la población es necesario trabajar en establecer un sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, como lo establece el Decreto 1575 de 2007. Para ello existen herramientas como el Índice de Riesgos de la Calidad del Agua-IRCA que evidencia un grado de riesgo en la ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano [1]. Además del mapa de riesgo de calidad del agua potable el cual es un instrumento que define acciones de inspección, vigilancia y control del riesgo asociado a las condiciones de calidad de las cuencas abastecedoras de sistemas de suministro de agua para consumo humano

Este proyecto tuvo como objeto diseñar el mapa de riesgo de la calidad de agua potable del tramo que abarca desde la planta de tratamiento del municipio de Cogua hasta la vereda La Plazuela, para dar inicio a la realización del mapa del Río Neusa, de igual manera realizar estudios de las características del recurso hídrico del área de influencia del tramo en mención, allí se hacen captaciones de agua para el abastecimiento de acueductos veredales y predios. Para la realización del mapa de riesgo de Calidad del agua potable fue necesario conocer las características físicas, químicas y microbiológicas de la fuente abastecedora; por lo cual se analizó la calidad del agua, teniendo en cuenta la presencia de contaminantes, la exposición de la población y los usos del suelo; para finalmente determinar la calidad del agua que está siendo captada y posteriormente consumida.

Palabras Claves: agua, calidad del agua, disponibilidad del agua, salud, uso del suelo.

Abstract

In Colombia, there have been studies to collect information about the shortfall in the supply of drinking water in different regions of the country, currently a great part of the Colombian population makes use of water with scarce treatment or raw water taken directly from the

sources, evidencing affectation in their daily life with potential events of morbidity and mortality from water pollution.

From the failures in the management of vital resources for the population, is required to work on establishing a system for the protection and control of water quality in order to monitor, prevent and control the risks to human health caused by their consumption, as established by Decree 1575 of 2007. For this there are tools such as the Water Quality Risks Index- IRCA which shows the degree of risk in the occurrence of diseases related with non-compliances of the chemical, physical and microbiological characteristics of the water for human consumption [1] and the drinking water quality risk map, as an instrument to define inspections, monitoring and risk control activities associated with the quality conditions of the supply basins of water for human consumption.

This Project aims to design a risk map of the quality of drinking water including within its scope the section from the treatment plant located at Cogua to La plazuela village, as well as perform studies of the characteristics of the water resources on the area of influence, there are water catchments for village aqueducts and farms supply. of the Rio Neusa map and map risk of Drinking Water Quality was necessary to know the physical, chemical and microbiological characteristics of the supplying source; so the water quality was analyzed, taking into account the presence of pollutants, exposure of the population and land use; to finally determine the quality of water being collected and subsequently consumed.

Key Words: water, water quality, availability of water, health, land use.

Introducción

La deficiente calidad del agua se ha convertido en tema de interés para muchas instituciones a nivel mundial, debido al constante crecimiento poblacional, y a la expansión de actividades industriales y agrícolas que han contribuido con su deterioro; situación que representa una amenaza para la salud humana, teniendo en cuenta que el nivel de riesgo al que está expuesta la población es alto debido a la afectación de las características fisicoquímicas y microbiológicas de la fuente abastecedora y del sistema de distribución.

En Colombia, de acuerdo al segundo informe nacional de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano del año 2012, un 72,7% de la población consumió agua potable, mientras que un 27,4 % hace uso de agua escasa de tratamiento y agua cruda captada directamente de las fuentes, lo que influye en su diario vivir, generando posibles eventos de morbilidad. Estos resultados fueron emitidos por el Ministerio de Salud y Protección Social excluyendo a los Departamentos de Chocó, Guainía y Guaviare, los cuales no fueron evaluados para este informe [2].

Es evidente que en el país aún existen falencias en el manejo de recursos vitales para la población, dentro de las que se destaca la deficiente calidad del agua potable, lo que hace imperativo establecer un sistema para la protección y control de la calidad del agua, que permita monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo guiado por lo establecido en el Decreto 1575 de 2007 y de la mano al uso de herramientas como el Índice de Riesgos de la Calidad del Agua-IRCA que evidencia un grado de riesgo en la ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento

de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para su consumo [2]; y del Mapa de Riesgo de Calidad del Agua Potable que permite definir acciones de inspección, vigilancia y control del riesgo asociado a las condiciones de calidad de las cuencas abastecedoras de sistemas de suministro de agua para consumo humano [3].

Esta última herramienta, hasta el momento no ha sido muy utilizada en el país, únicamente se han realizado estudios que han servido de plataforma para la emisión de informes sobre la calidad del agua y el índice de riesgo. Por otra parte el Departamento de Boyacá, es el único en el que se ha elaborado un mapa de riesgo de calidad del agua potable, con el fin de conocer y ofrecer resultados acerca de las características que posee el recurso hídrico en el municipio de Duitama, para los acueductos de las veredas Trinidad y Tocogua [4]. Para su elaboración fue necesario realizar una exhaustiva revisión de la normativa identificando las condiciones a cumplir, infiriendo que la baja calidad del agua en los diferentes departamentos del país representa una amenaza latente para la salud. Durante la realización de este estudio se identificó y se obtuvo información a través de la metodología establecida en la Resolución 4716 de 2010, donde fueron evaluados parámetros fisicoquímicos y microbiológicos; y se identificaron posibles amenazas para la población por el consumo de agua.

Dentro de las conclusiones más relevantes de este estudio, se encontró que el sistema de acueducto de la vereda La Trinidad, es usado para el abastecimiento doméstico, actividades de riego y uso pecuario, además para el funcionamiento de hábitat acuático contando con un sistema de alcantarillado que cubre el 60% de la población. Finalmente realizando el análisis de amenazas y de las inspecciones se determinó que el impacto que genera el sistema de abastecimiento está sujeto a factores sísmicos e hidrológicos los cuales generan la remoción de partículas afectando la calidad del agua servida; influyendo negativamente en el resultado del IRCA [4].

Por otra parte, en la vereda Tocogua, se conoció que predominan las actividades de explotación para la producción de alimentos y cultivos comerciales en menor escala, además existen actividades de ganadería en forma extensiva y de igual forma, actividades de pastoreo. Una vez obtenidos los resultados se concluyó que la vereda, posee una vulnerabilidad alta al igual que un nivel de riesgo sanitario, debido a la falta de procesos de tratamiento que garanticen la potabilidad del recurso [4].

Basado en el estudio anterior y teniendo en cuenta que gran parte de la población a nivel nacional se abastece de las fuentes superficiales, es importante la realización de estudio de la Subcuenca del Río Neusa, ya que es una fuente que suple las necesidades de consumo para los municipios de Cagua, Zipaquirá y Nemocón.

Se conoce que el agua del Río Neusa es captada para abastecer a la población del Municipio de Cagua el cual cuenta con una planta de tratamiento de agua potable presentando un caudal de diseño de 200 l/s, manejando un caudal real de 180 l/s; según los registros del SISBEN para el 2011 se conoce que de 4586 familias del municipio el 91% de esta población cuenta con el servicio de acueducto, mientras que el 9% restante utiliza otros medios para la obtención del agua. De acuerdo al PBOT aquellos que reciben el agua del acueducto regional son todo del sector urbano y algunos sectores veredales; esta agua es tomada del Río Neusa y conducida por tubos de asbesto, cemento y PVC hasta la planta de tratamiento en la vereda del Neusa. En este lugar se encuentran dos plantas: una convencional y una compacta en donde se trata el líquido, con tuberías

diferentes para abastecer a los Municipios de Zipaquirá, Nemocón y Cogua por la cual circulan unos 26 l/s en promedio, para cada uno.

Los lugares que cuentan con servicio de agua proveniente del acueducto regional son:

Totalidad del sector urbano, San José, La Granja, Sectores veredales de San Antonio en la vereda de Rodamontal, Susagua parte baja, Altico Sector bajo y sector Ojo de Agua en la vereda el Neusa [5]

En el municipio de Cogua para el año 2012 se realizó una toma de muestras en 22 puntos de acuerdo al SIVICAP, reflejando incumplimientos frente a los parámetros de color aparente, turbiedad, pH, cloro residual libre, hierro total, coliformes totales y *E. coli* con un IRCA del 19,78%, para el 2013 se repitió el ejercicio realizando un muestreo de 25 puntos en donde el IRCA presentó un resultado mayor (20,25%) incumpliendo los parámetros del año anterior exceptuando el de color aparente y hierro total, evidenciando deficiencias en la calidad del agua potable que abastece la población [6].

Teniendo en cuenta lo anterior, la elaboración del Mapa de Riesgo de Calidad del Agua Potable en el municipio, permitió la identificación de los factores que están incidiendo en la prestación del servicio sabiendo que su principal fuente hídrica de abastecimiento es la Subcuenca del Río Neusa, la cual hace parte de las 19 subcuencas del sistema hídrico del Río Bogotá que tiene un área total de 589.143 Ha, el cual nace en el municipio de Villapinzón y desemboca en el Río Magdalena; cuenca compuesta por un sistema natural conformado por quebradas, ríos, lagunas y humedales que en la mayoría de los casos son afluentes del Río Bogotá y su sistema de regulación compuesto por nueve embalses y un distrito de riego [7].

La subcuenca del Neusa se encuentra en el departamento de Cundinamarca limitando al Norte con los municipios de San Cayetano, Carmen de Carupa, Sutatausa y Cucunuba; al Sur con los municipios de Tocancipa y Zipaquirá; al Occidente con los municipios de Pacho y San Cayetano, y al Oriente con los municipios de Gachancipá y Suesca; está a su vez integrada por los municipios de Cogua y Nemocón incluyendo sus cabeceras municipales; Zipaquirá con parte de sus zonas urbanas y parte de la zona rural de los municipios del Carmen de Carupa, Cucunuba, Gachancipá, Pacho, Sutatausa, Tausa y Tocancipa, cubriendo un área de 44735,00 Ha [8].

Esta subcuenca presenta la mayor área de cultivos con 11875 Ha, respecto a las 32546,93 Ha destinadas para actividad agrícola en la cuenca alta del Río Bogotá, conformada por cultivos mixtos; su mayor representación está conformada por la heterogeneidad de la cobertura debido al tamaño reducido de los predios, su cobertura vegetal se denomina herbácea – pastos, que tiene un uso pecuario actualmente de tipo semi-intensivo y extensivo [7].

El Municipio de Cogua, en el que se desarrolla el proyecto de investigación, está situado al Nor- Occidente de la sabana de Bogotá, la cabecera municipal está a una distancia de 55 Km al norte de Bogotá, a 5 Km al norte de Zipaquirá y a 15 Km de Nemocón, haciendo parte de la distribución político-administrativa del Departamento de Cundinamarca [9].

El suelo está conformado por sectores de bosque nativo y plantado, pastos y cultivos a cielo abierto y bajo cubierta; una cobertura degradada conformada por los suelos erosionados, la minería a cielo abierto de arcilla, recebos, areneras y material rocoso en

superficie; cobertura construida y cobertura hídrica (Represa del Neusa). Entre las especies predomina el pasto kikuyo, arbustos de gran densidad, pinos, eucaliptos, frailejones; entre otros [9].

Respecto a los usos del suelo, son principalmente agrícolas, ganaderos, extractivos, de protección ambiental y recreación, entre las principales actividades económicas de acuerdo con el censo hecho por el DANE para el año 2005 se encontró que el 64,7% de las viviendas realiza actividades de tipo agropecuario en las siguientes proporciones: agrícola el 60.3% y pecuaria el 86.5% Del Total de cultivos asociados a la vivienda rural el 85% son transitorios y el 9.8% son permanentes [9]. Lo que evidencia que el territorio tiene esta vocación natural, aunque algunas áreas presentan limitantes en sus características determinantes de suelos, relieve, clima y tamaño de predios, todas son susceptibles de ser aprovechadas para uso agropecuario.

En el municipio se presentan tres zonas agropecuarias diferenciadas básicamente por elementos biofísicos como suelos, pendientes, clima y otros. Razón por la cual pueden soportar un mayor o menor impacto sin que se afecten considerablemente sus propiedades o que requieren de un manejo especial para su recuperación y su mejor aprovechamiento [10], las cuales son:

Zonas Agropecuarias tradicionales

Son áreas que por sus características físicas y condiciones climáticas merecen un manejo especial que cause bajo impacto a los suelos y que permitan la recuperación de estos (labranza mínima, coberturas vegetales, abonos verdes, reservorios, etc.), así como un uso más eficiente del agua.

En el municipio corresponde a aquellas áreas con relieve quebrado (pendientes de 25 a 50%), suelos poco profundos, con presencia de rocas en superficie, de textura pesada (Arcillosos), baja retención de humedad, susceptibles a los procesos erosivos, baja precipitación y de mediana a baja capacidad agrológica. Actualmente son utilizadas para pastoreo extensivo y esporádicamente cultivos mecanizados (papa, maíz, alverja). En el municipio se localizan en la parte baja de Casa Blanca, Cardonal y Patasica y parte alta de la Plazuela [10].

Zonas agropecuarias semi-intensivas

Son áreas que por sus condiciones físicas y capacidad agrológica pueden soportar actividades agrícolas semi-mecanizada cuya preparación del terreno se hace en buena parte en forma mecanizada y al pastoreo semi-intensivo es decir con mayor capacidad de carga por unidad de área. Actualmente son utilizadas principalmente para el pastoreo extensivo y semi-intensivo y en menor proporción para la agricultura mecanizada. Debido a la falta de incentivos al sector agrario estas áreas se encuentran subutilizadas (potrerización) [10].

Zonas agropecuarias intensivas

Son aquellas áreas que por sus características permiten actividades donde el uso de los recursos es intensivo ya sean agrícolas y/o ganaderos. Requieren de maquinaria para la preparación de los suelos, riego, fertilización y tecnologías apropiadas, mayor intensidad y capacidad de carga de los suelos para el mantenimiento de ganaderías.

En el municipio el área para estas actividades comprende los suelos de mediana capacidad agrológica, en los cuales se pueden implantar sistemas de riego y drenaje, caracterizados por el relieve plano, sin erosión, suelos superficiales a moderadamente

profundos y con encharcamientos por periodos cortos al año. Corresponde a las veredas Mortiño, Susaguá, La Plazuela.

Actualmente son usados para el pastoreo semi-intensivo e intensivo, predomina el pasto kikuyo mezclado con carretones y otros mejorados y el ganado de raza Holstien. También se localizan algunos cultivos de flores y fresas bajo invernadero. Tienen como limitante las heladas en los meses secos. En algunos sectores los suelos son superficiales y arcillosos, susceptibles a encharcamiento lo que limita la implementación de otros cultivos diferentes de pastos [10].

Metodología

Para la realización del proyecto de investigación fue necesaria una revisión de la normativa aplicable y vigente para tener claridad de las condiciones con las que debe contar el recurso hídrico para la población en Colombia, al realizar esta consulta fue posible identificar diferentes características de tipo socio económico y ambiental del municipio de Cogua.

Una vez identificadas las características de la zona de influencia donde se evaluó la calidad del agua, se delimitó el área de estudio mediante cartografía del IGAC, desde La Planta hasta el sector La Plazuela.

Luego se diseñó un instrumento de recolección de información, que constaba de 124 preguntas, que permitió conocer su estilo de vida, prestación del servicio de alcantarillado, ingresos, actividad económica, información de salud y su interés en conservar el medio ambiente que les rodea, el cual fue aplicado en las visitas de reconocimiento para identificar el área, y tener un acercamiento con la población de las veredas involucradas de manera que se les diera a conocer el objetivo del proyecto. De estas fue posible identificar el tipo de vertimiento que aporta cada predio a las fuentes hídricas y la calidad del agua que reciben a diario las personas para la satisfacción de sus necesidades.

Seguidamente se determinaron 19 puntos a muestrear inicialmente, en donde se presentan la desembocadura de las Quebradas que alimentan a la cuenca y de vertimientos que representan potencialmente una afectación sobre este, los cuales se establecieron por medio de un muestreo sistemático y mediante la utilización del software ArcGis 10.3.3, en donde se tomó en cuenta la cartografía del área de estudio se seleccionaron solamente 19 puntos distribuidos uniformemente, debido al difícil acceso y la cercanía entre los mismos.

A partir de este mapa y por medio del GPS en campo se identificó el punto para la realización de la toma de muestra y el aforo; lo primero que se hizo fue la selección del tramo y la medición del área transversal de la cuenca; seguidamente para la medición de la velocidad superficial se utilizó un micro molinete Global Water y finalmente se realizó el cálculo del caudal a través de los datos previamente obtenidos.

Guiados por el Resolución 2115 de 2007 donde se establecen sistemas de control y vigilancia para la calidad de agua para consumo humano, se realizó un muestreo in situ en cada punto por medio de la Sonda multiparamétrica HL9829, acompañada por un muestreo puntual para el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos referenciados en la tabla 1, los cuales fueron analizados por el laboratorio Daphnia LTDA

certificado por el IDEAM, siendo este basado en el Standard Methods SM 1060 de 2012 y el protocolo de muestreo del IDEAM para la correcta recolección de muestras, conservación y preservación de las mismas asegurando la integridad durante toda la cadena de custodia hasta el análisis de los resultados.

En la tabla 1.1 se presenta los parámetros fisicoquímicos – microbiológicos evaluados y las condiciones necesarias de preservación, almacenamiento y volumen recolectado para su análisis.

Tabla 1. Recomendaciones para el muestreo y preservación [11].

RECOMENDACIONES PARA EL MUESTREO Y PRESERVACION					
Determinación	Recipiente	Volumen mínimo(ml)	Preservación	Almacenamiento máximo	Cantidad de preservante (ml)
pH	Plástico – vidrio	50	Análisis inmediato	-	-
Alcalinidad	Plástico – vidrio	200	Refrigerar	14 días	-
Aluminio	Plástico – vidrio	100	Refrigerar a 4°C – preservar con HNO ₃ 6N	6 meses	2 ml
Calcio	Plástico – vidrio	100	Acidificación a pH<2	1 mes	2 ml
Cloruro	Plástico – vidrio	50	No requiere	28 días	-
Color aparente	Plástico – vidrio	500	Refrigerar 4°C	48 horas	-
Conductividad	Plástico – vidrio	500	Refrigerar	28 días	-
Dureza total	Plástico – vidrio	250	Agregar HNO ₃ 6N hasta pH <2	6 meses	1 ml
Fósforos	Vidrio (a)	100	Refrigerar a 4°C y preservar con H ₂ SO ₄ 6N	48 horas	1 ml
Hierro total	Plástico Blanco/Transp.	100	Refrigerar a 4°C con HNO ₃ 6N	48 horas	2 ml
Magnesio	Plástico	100	Preservar con HNO ₃ 6N Refrigerar a 4°C	6 meses	2 ml
Nitrato	Plástico – vidrio	100	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	48 horas(28 días para muestras cloradas)	-
Nitrato+ nitrito	Plástico – vidrio	200	Refrigerar a 4°C	28 días	-

Nitrito	Plástico – vidrio	100	Analizar los más pronto posible o refrigerar	48 horas	-
Sulfatos	Plástico – vidrio		Refrigerar a 6°C	28 días	-
Coliformes	Plástico – vidrio	250	Refrigerar a 4°C (no llenar por completo el frasco)	6-8 horas	-
E.Coli	Vidrio	250	Refrigerar a 4°C	Deben ser analizadas lo más rápido posible. Antes de 24 horas	-
DBO	Plástico – vidrio	1000	Refrigerar a 4°C	48 horas	-
DQO	Plástico – vidrio	100	Analizar lo más pronto posible o agregar H_2SO_4 Refrigerar	28 días	1 ml

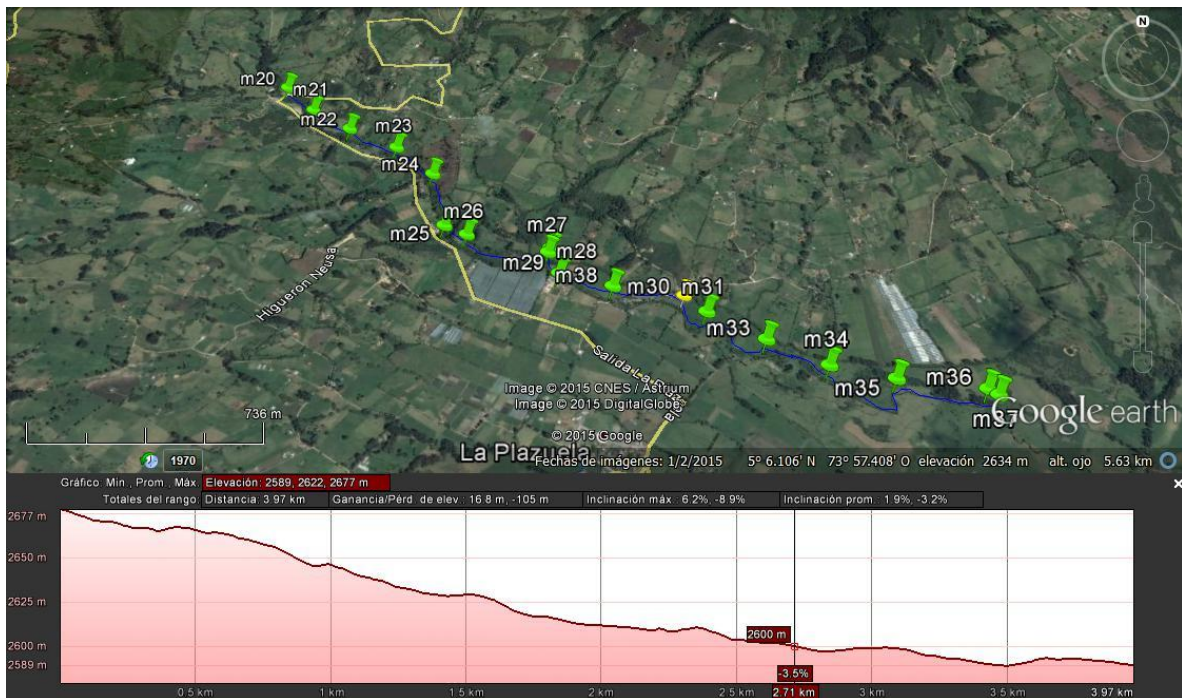
Posteriormente, de acuerdo a los informes entregados por el laboratorio, se procedió a realizar la comparación de los resultados frente a los valores máximos permisibles establecidos por la Resolución 2115 del 2007, realizando a la vez el análisis estadístico descriptivo mediante el uso del Software SPSS.

Finalmente a partir de los resultados obtenidos se procedió a la construcción del mapa de Riesgo de Calidad del Agua Potable en el que se identificaron las concentraciones de cada uno de los parámetros a lo largo de río y su Índice de Riesgo.

Análisis y resultados

Perfil del río

Imagen 1. Perfil del Rio Neusa en el tramo de La Planta y La Plazuela.



Fuente. Los Autores[14]

El estudio realizado en la subcuenca del Rio Neusa, permitió determinar las características y los factores que influyen en la calidad del agua, en el sector comprendido entre La Planta hasta La Plazuela, durante el recorrido se observó que tiene como afluentes diferentes quebradas que son utilizadas por la población aledaña para satisfacer sus necesidades básicas; estos afluentes también contribuyen al aumento de la concentración de varios parámetros en el río.

El contacto con la población ayudo a identificar quienes hacen uso del recurso, las fuentes de vertimientos fueron establecidas, así mismo las actividades que lo afectan, dentro de las más importantes se encuentran: el riego de cultivos, el pastoreo y el abastecimiento para animales.

El perfil del rio se construyó a partir del análisis de las características fisicoquímicas y microbiológicas mediante el muestreo puntual en 19 puntos, distribuidos en el área de influencia. Como resultados relevantes se tiene un incumplimiento en 4 de los 8 parámetros analizados en laboratorio, (E-Coli, coliformes totales, hierro y turbidez); como se evidencia a continuación con las siguientes gráficas.

Tabla 2. Valores de cada parámetro por punto.

N	Alcalinidad	Calcio Total	Cloruros	Coliformes totales	Hierro	Dureza Total	E. Coli	Turbiedad	Ph	Aluminio	Magnesio	Nitratos
Muestra 1	12,00	17,13	12,41	300	0,69	25,2	40	7,8	6,97	0,2	2,61	0,26
Muestra 2	17,49	8,7	6,31	120	0,91	24,2	5	5,8	7,62	0,2	2,38	0,3
Muestra 3	21,99	6,75	8,98	200	1	22,2	30	5,8	7,21	0,2	2,13	0,23
Muestra 4	17,99	7,54	9,47	10000	0,91	24,2	50	7,8	7,04	0,2	2,16	0,23
Muestra 5	18,49	7,81	9,23	10000	0,92	17,1	120	5,1	6,93	0,2	2,21	0,24
Muestra 6	14,49	7,2	9,71	10000	1,26	33,2	100	57,6	7	0,2	2,22	0,17
Muestra 7	15,49	8,34	9,47	10000	1,57	34,2	100	14,3	6,98	0,2	2,53	0,17
Muestra 8	19,99	8,62	8,5		4,8	27,2	100	44,8	6,83	0,2	2,4	0,23
Muestra 9	16,99	7,06	9,23	10000	0,86	28,2	190	7,2	6,68	0,2	2,15	0,18
Muestra 10	16,49	7,97	9,71	200	1,23	23,2	150	13,6	6,76	0,2	2,48	10
Muestra 11	15,49	26,71	5,83	10000	0,61	36,3	145	3,1	7,22	0,2	2,92	10
Muestra 12	19,99	22,38	7,77	10000	0,48	30,2	100	3,3	7,04	0,2	2,73	10
Muestra 13	21,99	19,6	8,26	10000	0,52	43,3	100	17,3	6,89	0,2	2,59	10
Muestra 14	16,99	20,15	9,71	10000	0,7	43,3	190	2,5	6,97	0,2	2,55	10
Muestra 15	15,99	24,71	8,74	160	0,49	30,2	80	7,6	7,09	0,2	2,49	10
Muestra 16	16,49	23,05	9,96	200	1,41	29,2	120	2,3	6,83	0,2	2,48	10
Muestra 17	18,99	22,93	10,2	10000	0,58	24,2	100	4,6	6,82	0,2	2,79	10
Muestra 18	16,99	24,51	10,68	10000	0,5	33,2	100	8,7	6,84	0,2	2,61	10
Muestra 19	23,99	23,08	10,68	10000	2,83	31,2	100	5,6	7,05	0,2	2,87	10

Fuente. Los Autores [14]

Tabla 3. Estadística descriptiva SPSS

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
HIERRO	19	,48	4,80	1,1721	1,03836
DUREZA	19	17,10	43,30	29,4737	6,81916
E.COLI	19	5,00	190,00	101,0526	48,26371
TURBIEDAD	19	2,30	57,60	11,8316	14,60331
pH	19	6,68	7,62	6,9879	,20856
ALUMINIO	19	,20	,20	,2000	,00000
MAGNESIO	19	2,13	2,92	2,4895	,24114
NITRATOS	19	,17	10,00	5,3689	5,01541
FOSFORO	19	,06	,50	,3279	,20922
COLIFORMES	18	120,00	10000,00	6732,2222	4755,42607
ALCALINIDAD	19	12,00	23,99	17,8063	2,87701
CALCIO	19	6,75	26,71	15,4863	7,78345
CLORUROS	19	5,83	12,41	9,2026	1,50144
N válido (según lista)	18				

Fuente. Los Autores [14]

La Quebrada la Chucua se encuentra canalizada hoy en día en su totalidad desde su nacimiento generando un cambio brusco en el paisaje, ya que su ronda hídrica presenta un alto grado de deforestación y erosión del suelo ya que ha sido adaptada para actividades de pastoreo; teniendo en cuenta la información recolectada cabe resaltar que el agua que está siendo suministrada a la población presenta una coloración café sugiriendo que el contenido de Sólidos suspendidos es alto sin generar hasta el momento enfermedades que estén relacionadas con el consumo del agua.

A lo largo de la ronda del río Neusa, muchos de los habitantes se abastecen de un sistema de acueducto del que manifiestan que el recurso está en buenas condiciones, aunque de igual forma realizan captaciones directas del río para algunas de sus actividades de lo cual han notado que les ha ocasionado EDA (enfermedad diarreica aguda).

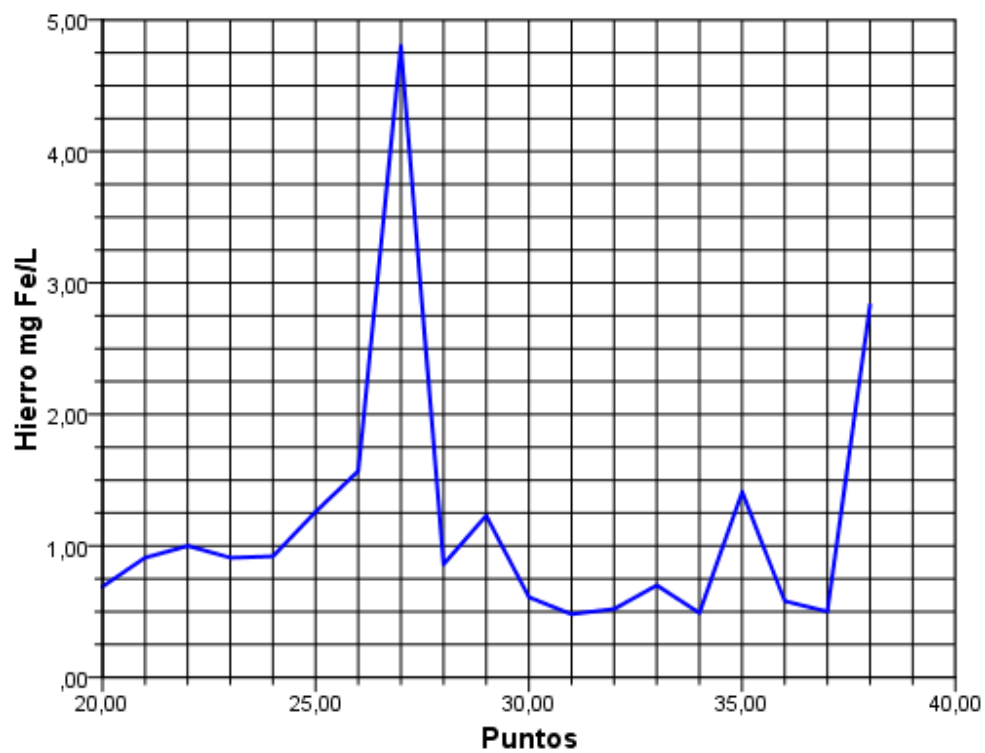
Las personas informan que deben hacer estas captaciones ya que no cuentan con los recursos necesarios para hacer uso del servicio que les ofrecen, de igual forma es evidente los vertimientos domésticos y de las pequeñas industrias de leche que se realizan sin tratamiento previo al río.

Análisis físicoquímico y microbiológico

En el punto 20, 21 y 22 se presenta un aumento en los niveles de *E. coli*, lo cual se puede relacionar a las actividades que se desarrollan en la zona, tales como servicio de restaurante, turismo y recreación (Parque Natural Embalse del Neusa), ganadería y agricultura en los predios aledaños; mientras los puntos del 23 al 29 se presentan grandes picos en coliformes totales debido a los aportes que se generan por las actividades turísticas, siembra de maíz, criadero de animales de granjas y una industria lechera que realiza un vertimiento puntual sobre el punto 27 en donde se encontraron uno de los mayores niveles de concentración de *E. coli*, Turbiedad y Hierro; a excepción del punto 29 ya que pertenece al sector floricultor el cual cuenta con planta de tratamiento de aguas residuales.

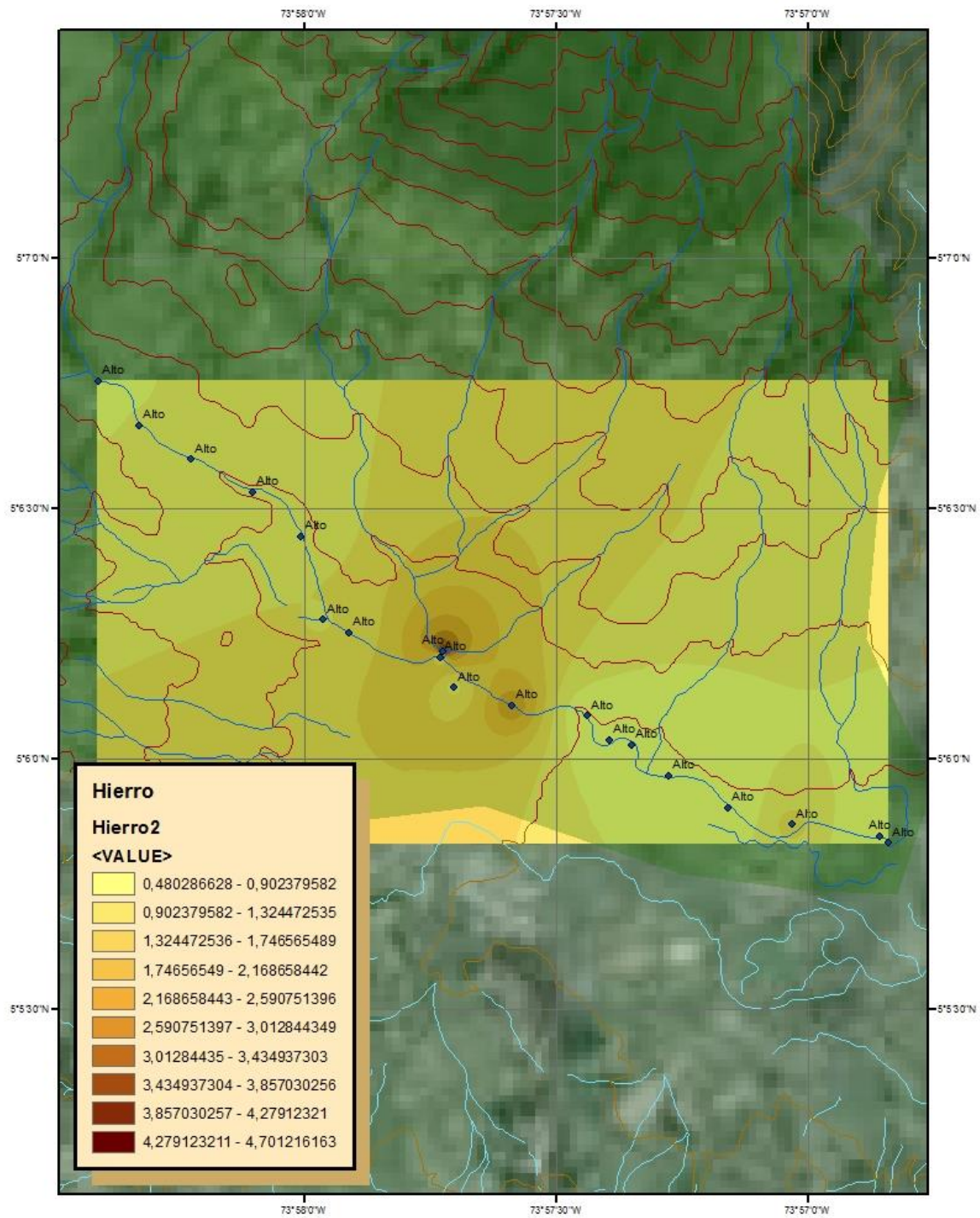
En el punto 30 se encontró un área de cultivos de arándanos y de pastoreo en el predio encuestado presentando condiciones similares en la concentración de los parámetros anteriormente mencionados, entre los puntos 31 al 33 se evidencia una pequeña industria lechera que provee a la empresa Alpina; en los puntos 34 y 35 los valores siguen sobrepasando los niveles permisibles ya que es una zona dedicada al ecoturismo teniendo un impacto significativo por parte de los vertimientos generados por esta actividad, en el punto 36, 37 y 38 los valores de coliformes totales vuelven a aumentar debido a la actividad de pastoreo que se genera en dicho predio. Como se pudo observar con mayor detalle en las siguientes gráficas, donde es evidente los puntos más altos de concentración para los parámetros que exceden la normativa.

Gráfico 1. Concentraciones de Hierro en los puntos de muestro de la planta a la vereda la plazuela



Fuente. Los Autores [14]

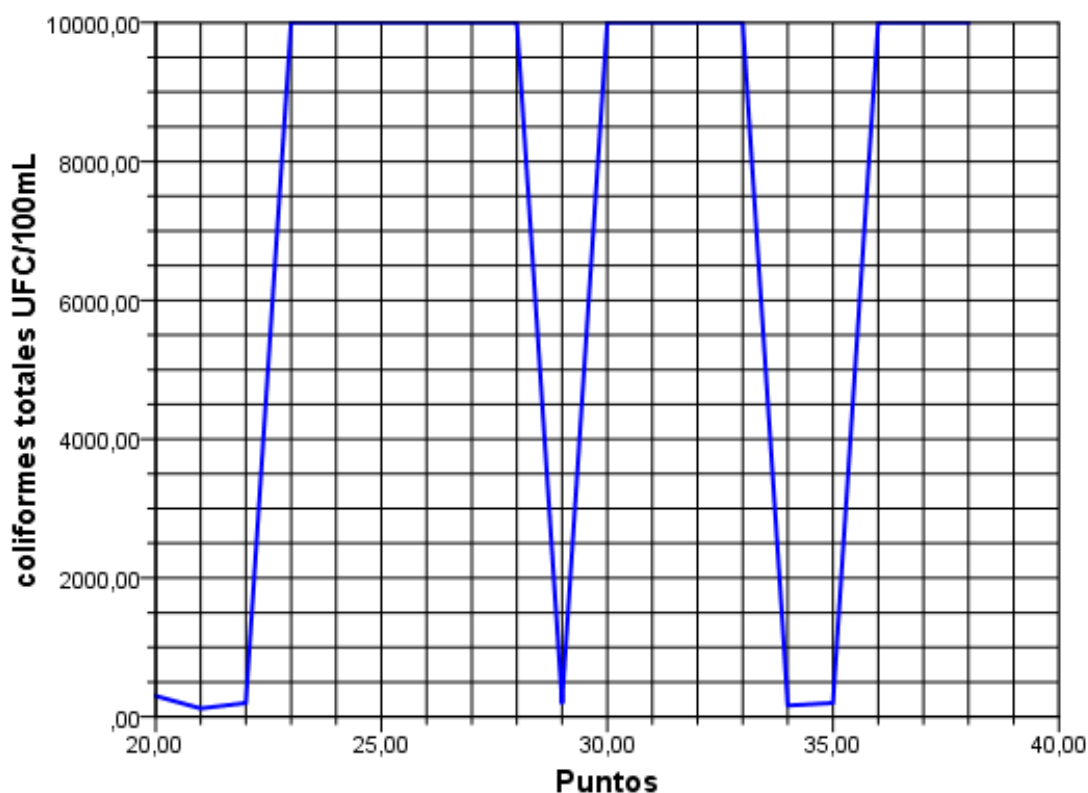
Imagen 1. Mapa de Concentración de Hierro.



Fuente. Los Autores [14]

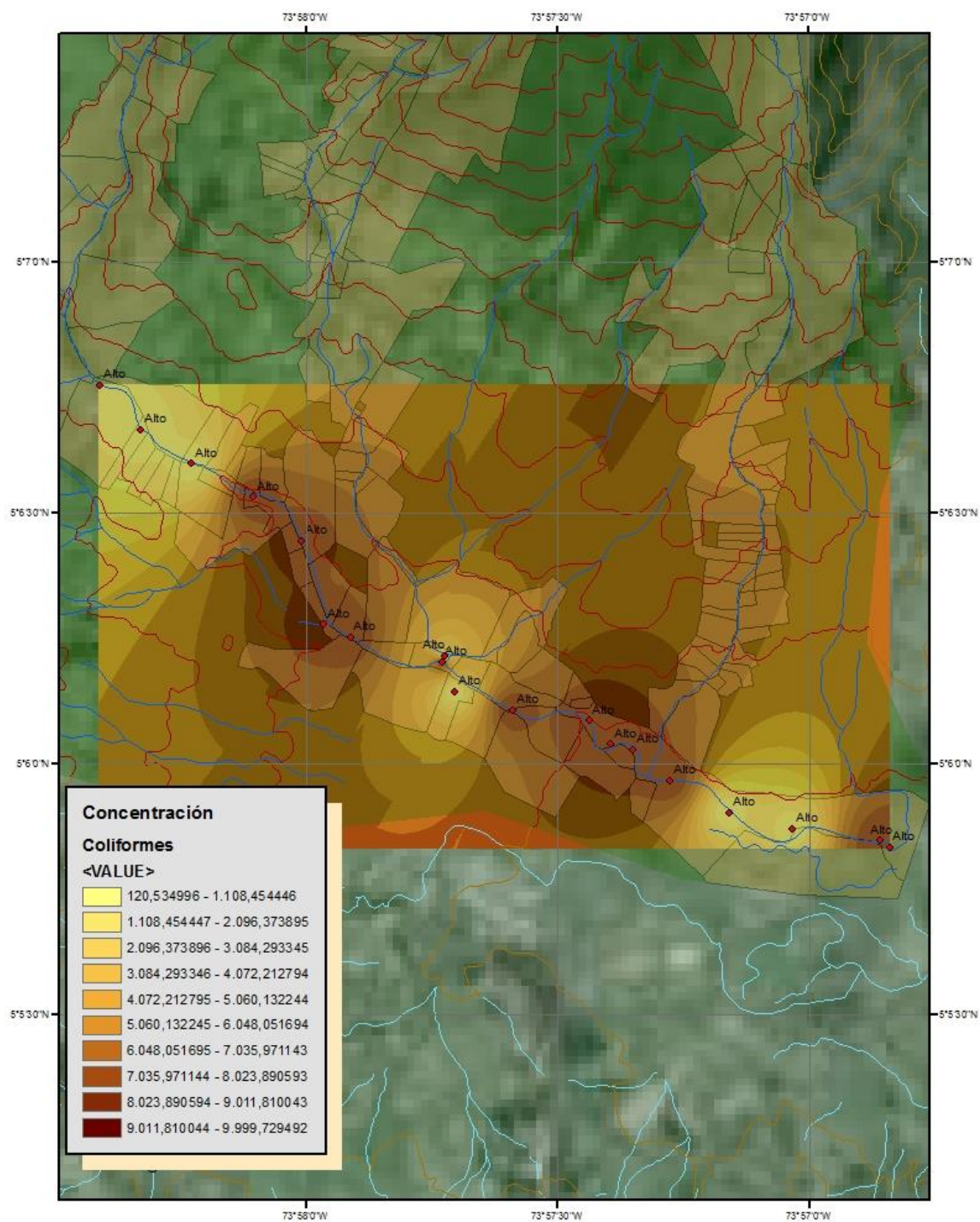
A partir de la gráfica anterior, se puede observar que las concentraciones de hierro sobrepasan el nivel máximo permisible en la normativa vigente para la calidad del agua de consumo humano; con valores mínimos de 0,5 mg/ L y máximos de 4,8 mg/ L; debido a que estos niveles se encuentran por encima de 0,3 mg Fe/ L, específicamente entre los puntos 26 al 28 y 38 como se observa en el mapa de concentración de hierro, en los que se evidencian los picos más altos se puede asociar a la presencia de pequeñas industrias lecheras y un amplio sector dedicado al pastoreo como se evidencia en el mapa anterior. Es evidente que los datos tienen un comportamiento asimétrico positivo, lo cual quiere decir que los valores extremos están por encima del promedio de los datos.

Gráfico 2. Concentraciones de Coliformes en los puntos de muestro de la planta a la vereda la plazuela



Fuente. Los Autores [14]

Imagen 2. Mapa de Concentración de Coliformes Totales.

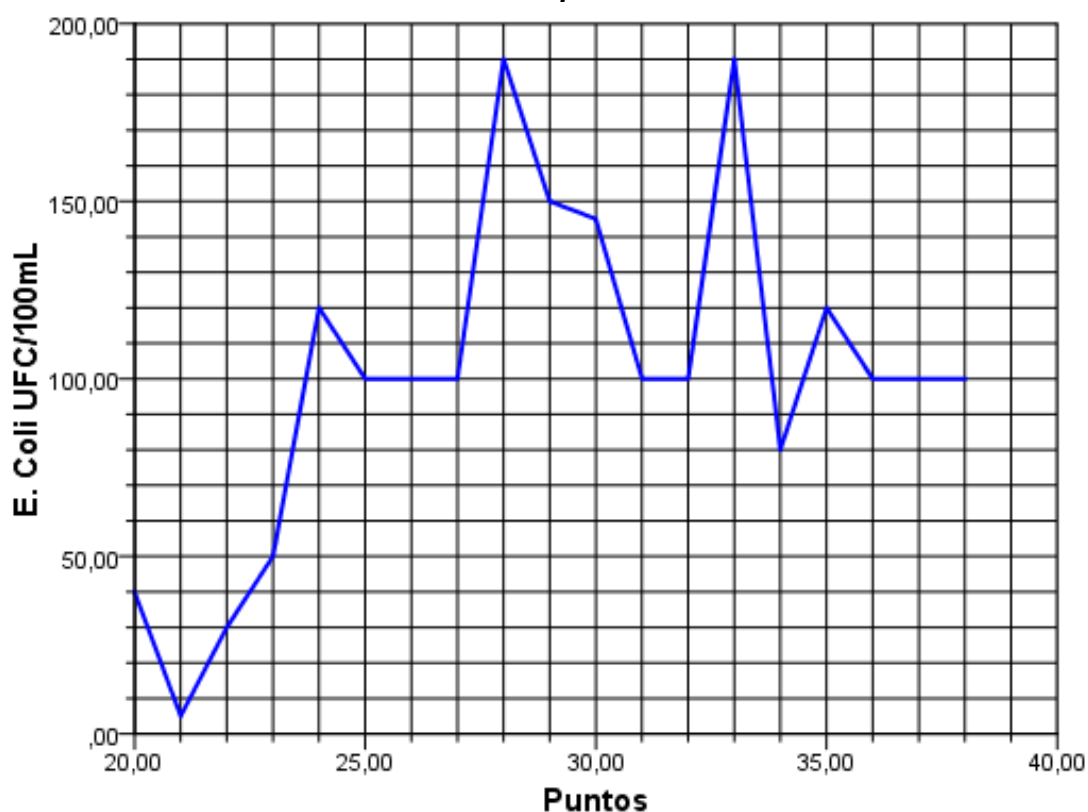


Fuente. Los Autores [14]

Como se puede evidenciar en la gráfica 2, aguas debajo de la planta de tratamiento es donde se encuentran los mayores niveles de coliformes, según los resultados obtenidos estos son >10000 UFC/100ml, debido a la presencia de viviendas en la ronda del río además del desarrollo de actividades económicas como pastoreo, cultivos, ganadería. Lo que puede ser la causa de los niveles hallados en estos tramos. Por otra parte los niveles que se observan en el mapa de concentración de Coliformes, entre los puntos 20 – 22 y 34 -35 son un poco más bajos debido a la ausencia de predios habitados, ya que son áreas de conservación y bosque.

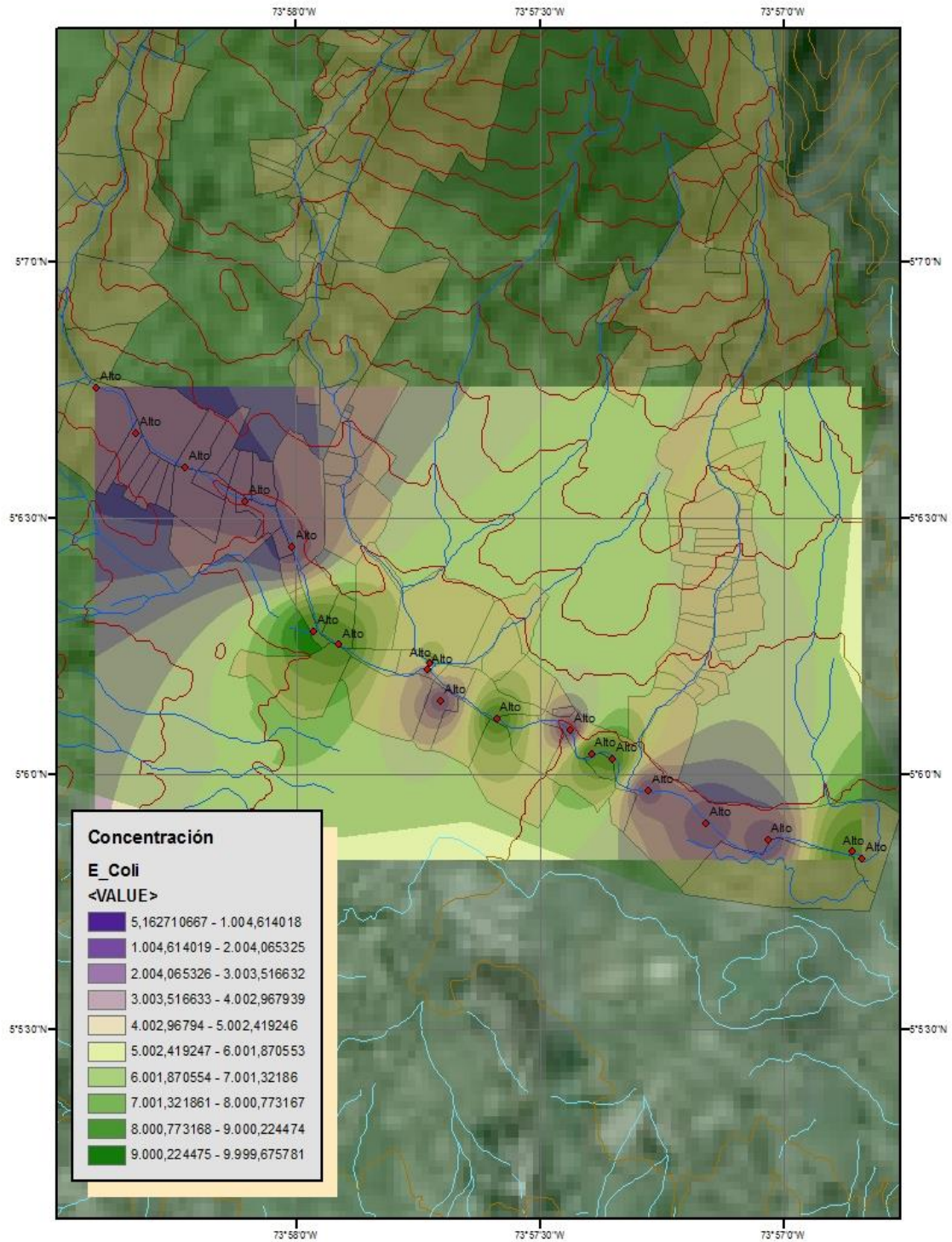
Respecto a la gráfica se puede observar que los datos tiene un comportamiento asimétrico, teniendo en cuenta que el coeficiente de asimetría que obtuvo es un valor negativo se infiere que los datos extremos están por debajo del promedio.

Gráfico 3. Concentraciones de E.Coli en los puntos de muestro de la planta a la vereda la plazuela



Fuente. Los Autores [14]

Imagen 3. Mapa de Concentración de E. Coli.

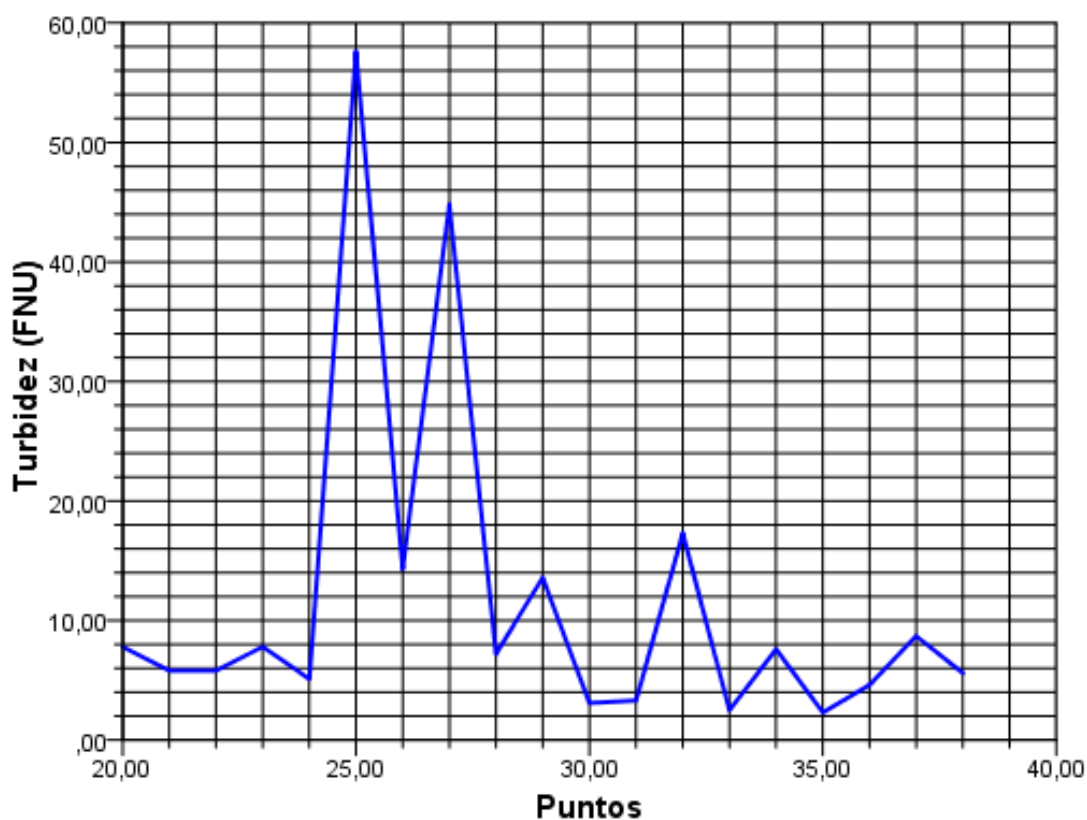


Fuente. Los Autores [14]

Según los análisis entregados por el laboratorio certificado por el IDEAM, se encontró que los niveles de *E. coli*, van aumentando su concentración como se evidencia en el mapa de concentración del parámetro, debido a la presencia a lo largo del río de industrias lecheras, en las que no se realiza un tratamiento previo al vertimiento, además de viviendas y ganado ubicado en la ronda del río.

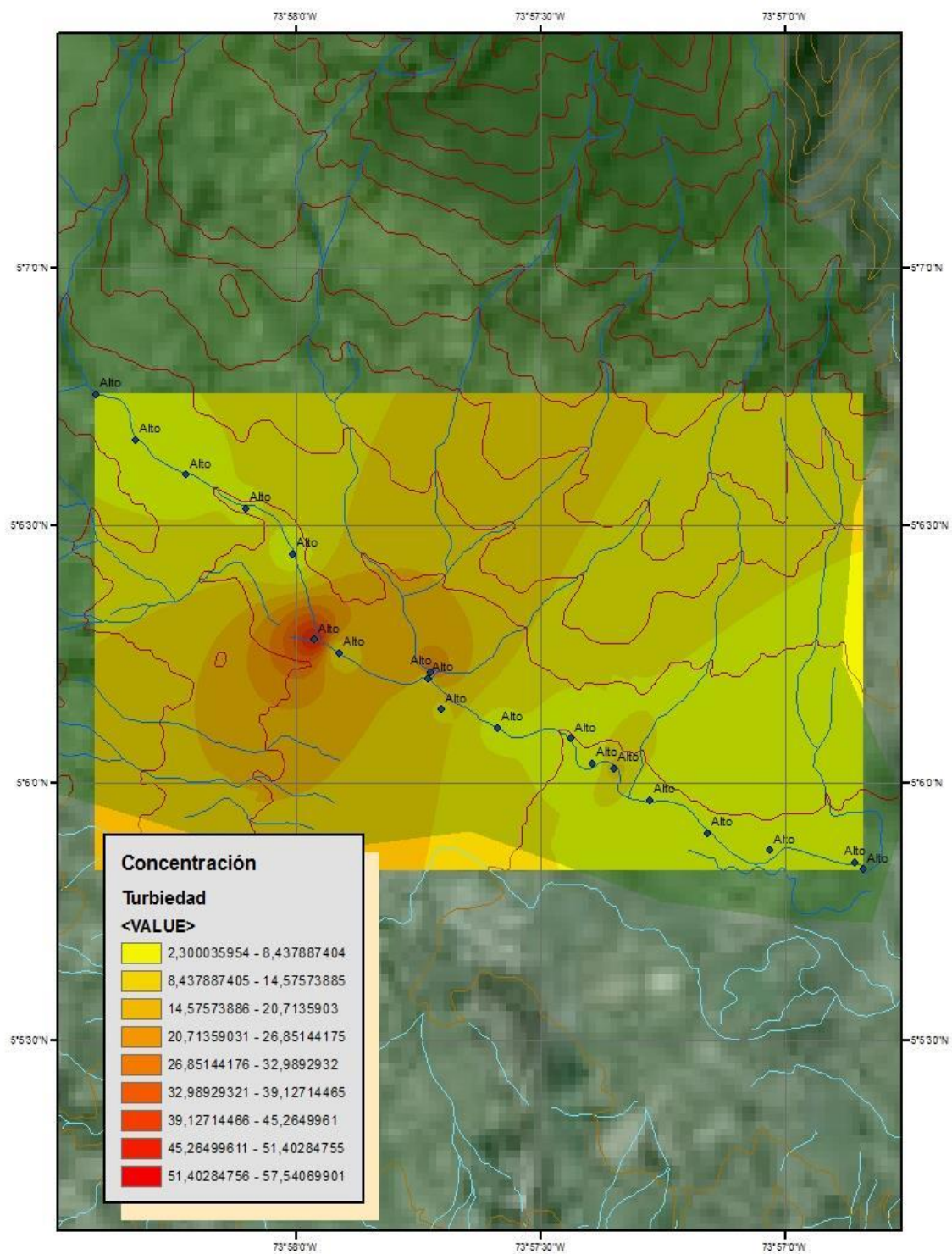
Se podría deducir que por la escorrentía de las heces de los animales e incluso algunos vertimientos domésticos generan estos altos niveles que sobrepasan los niveles llegando a ser >10000 UFC/100ml. Se puede observar además que los datos tienen un comportamiento asimétrico positivo.

Gráfico 4. Concentraciones de Turbiedad en los puntos de muestro de la planta a la vereda la plazuela



Fuente. Los Autores [14]

Imagen 4. Mapa de Concentración de Turbiedad.



Fuente. Los Autores [14]

Como se puede observar en la Grafica 4 todos los valores están por encima de 2 FNU, que es el valor máximo permitido para el agua de consumo humano, los valores más altos se observan en el mapa de concentración de la turbidez, entre los puntos 24 y 28, donde se desarrolla la mayor parte de actividades turísticas, lecheras y de pastoreo debido a la presencia de grandes predios dedicados a estas actividades; razón por la cual se presume que se aumenta claramente la turbiedad del agua en dichos tramos.

A partir de los resultados obtenidos anteriormente se podría concluir que las altas concentraciones de los parámetros previamente expuestos incurren en la afectación a la calidad del agua que consumen los habitantes aguas debajo de la planta, por lo cual se presentarían afectaciones en la salud generando enfermedades gastrointestinales que disminuyen la calidad de vida de las personas.

Respecto a la salud

Basado en la resolución 2115 del 2007 el análisis del riesgo sobre la calidad del agua potable se hace a partir del Índice de Riesgo de Calidad del Agua para consumo humano IRCA, según el artículo 13 de dicha resolución. De acuerdo al análisis del IRCA en el municipio de Cogua, el Río Neusa presenta un alto riesgo ya que se evidencia que el sistema de tratamiento no es el adecuado para garantizar el cumplimiento de dicha resolución, puesto que de acuerdo al estudio realizado en el área que comprende entre el La planta y el sector de la Plazuela se evidencian altas concentraciones de *E. coli* y Coliformes fecales lo que concuerda con los informes por parte del SIVICAP en los que se evidencia desde el 2012 hasta el 2014 la presencia de al menos 780 casos de EDA (enfermedad diarreica aguda) durante este periodo.

Según la OMS las enfermedades relacionadas con la contaminación del recurso hídrico dispuesto para consumo tienen una gran repercusión en la salud de las personas, pues la baja calidad de este es causada por la presencia de microorganismos y sustancias químicas; teniendo en cuenta que es de gran importancia el agua salubre y de fácil acceso para el uso diario y la satisfacción de las necesidades básicas de la población, se ha dado inicio a planes encaminados a mejorar y garantizar la calidad de este recurso ya que no solo impulsa al crecimiento económico y reduce la pobreza sino que proporciona además beneficios significativos para la salud de todos [12]

Por ello se solicitó información de morbilidad a la Gobernación de Cundinamarca con respecto a las EDA y hepatitis A, enfermedades principalmente causadas por el consumo de agua. En base a esta información y a los datos obtenidos del análisis hecho por el laboratorio se evidencio una relación entre estos de lo que se puede inferir que las enfermedades por causas gastrointestinales pueden ser generados por la calidad del agua que están consumiendo los habitantes, demostrando así las inconsistencias en el servicio proporcionado por parte de los acueductos veredales.

Basado en el informe nacional de la calidad del agua para consumo humano del año 2013 respecto al IRCA, se logró observar el nivel de riesgo de Cundinamarca y más exactamente de la parte rural del municipio de Cogua se encuentra en un valor de 14.88, lo que significa que están en un nivel de riesgo medio; incluso en este informe se afirma el

mejoramiento continuo de la calidad del agua y por ende cambios de los IRCA, afirmación que no se evidencia en los resultados obtenidos del muestreo hecho donde se obtuvo un índice de riesgo de calidad del agua Alto, para los puntos tomados desde la planta hasta la vereda La Plazuela, lo cual podría estar asociado y en contraposición a la afirmación hecha en el informe nacional del agua, pues a partir del estudio hecho se haría evidente la falta de medidas para mejorar y asegurar que la población reciba agua de óptimas condiciones, de manera que se reduzcan las afectaciones en la salud por EDA, hepatitis A y cualquier otro tipo de complicaciones que se puedan presentar [13]

Recomendaciones

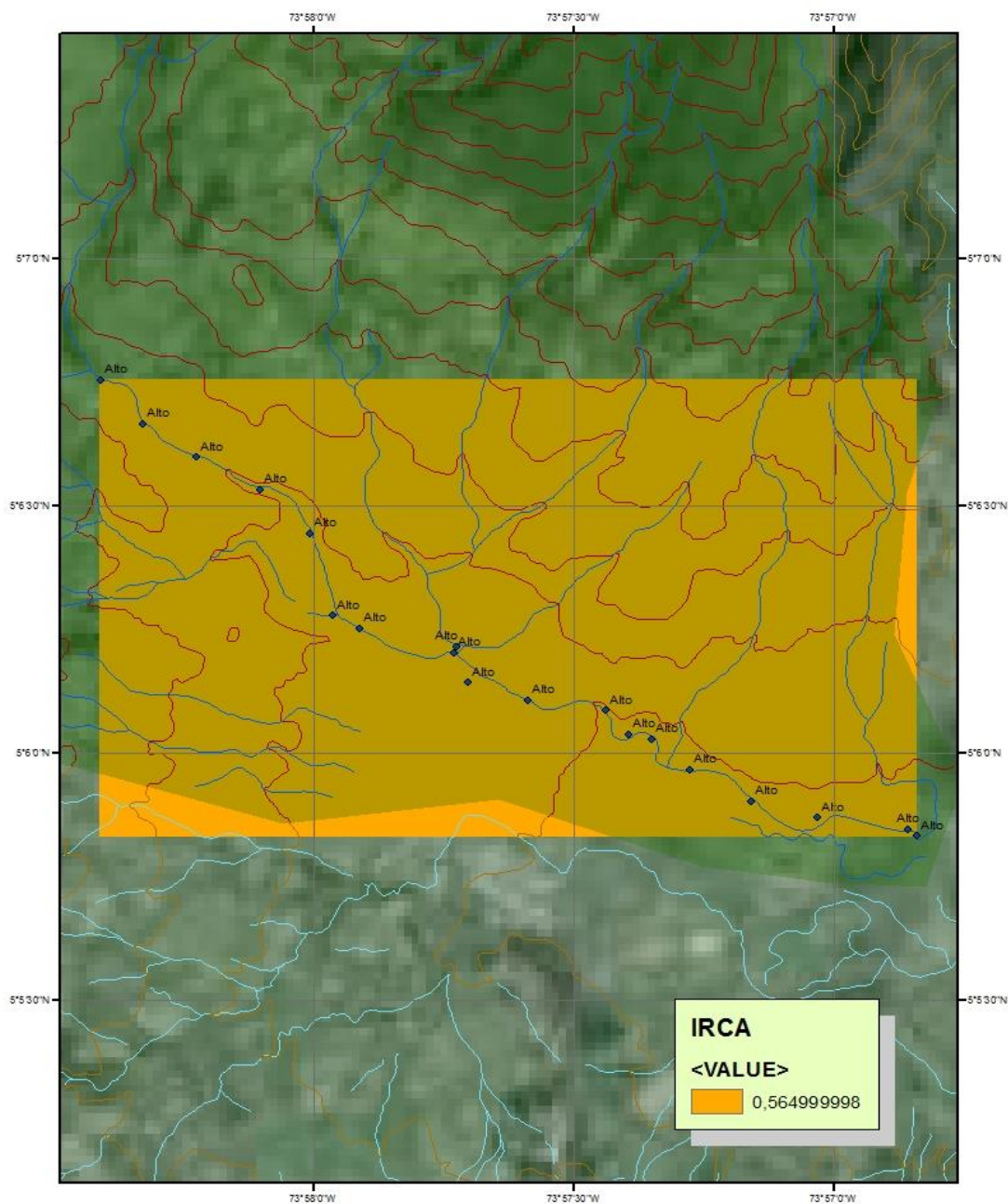
A partir de las situaciones observadas durante las visitas y el recorrido de la ronda del río Neusa, se sugiere, tener un mayor control de las actividades que se realizan en cada uno de los predios, de forma tal que se identifiquen las características de los vertimientos hechos.

Ejercer un control sobre las pequeñas industrias del área de influencia, para asegurar que estas cumplen con los requisitos para la calidad del agua y evitar así que continúen generando vertimientos sin un previo tratamiento, que aportan a la presencia de contaminantes que afectan la salud.

Desarrollar actividades de vigilancia y control a los acueductos veredales, para asegurar que los procedimientos realizados son óptimos y adecuados para la prestación del servicio.

Concientizar a la población y específicamente a los habitantes de los predios ubicados por la ronda del río para que eviten realizar actividades que contaminen el recurso.

Imagen 5. Mapa de Riesgo de Calidad de Agua Potable entre La Planta y La Plazuela.



Fuente. Los Autores [14]

Se calcularon los IRCAS de cada parámetro registrado en cada punto muestreado, se asignó el puntaje de riesgo a cada característica física, química y microbiológica, por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en el artículo 12 del Decreto 1575 del 2007. Seguido a esto se obteniendo estos valores se comparan a la normativa teniendo en cuenta los resultados del IRCA por muestra y, se define la siguiente

clasificación del nivel de riesgo del agua consumida por la comunidad de Cogua, también señalan las acciones a realizar para garantizar una prestación del servicio adecuado, en este caso comprendido en el tramo de La Planta hasta La Plazuela el índice de nivel de riesgo es alto para cada uno de los 19 puntos muestreados lo que se dictamina (Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos) [3].

CONCLUSIONES

- Los mapas de riesgo generados permiten evidenciar las concentraciones más altas de aquellos parámetros que pueden llegar a representar un mayor riesgo para la salud de la población por el consumo del agua. A diferencia de otros mapas de riesgo, como el generado en el Municipio de Duitama que se han generado en los que se evidencia el estado de conservación de la cuenca y las amenazas rurales que hay sobre esta, mas no permite evidenciar aquellos parámetros que están afectando la calidad del agua.
- Al conocer el estudio del río Chicamocha, es evidente que aunque se determinaron las concentraciones de los parámetros requeridos por la norma, el mapa solo evidencia las afectaciones puntuales como: vertimientos, la presencia de industrias, actividades de pastoreo entre otras; de las que se presume generan una carga contaminante representativa que afecta la calidad del agua. Mientras que para el municipio de Cogua, en el tramo de la Planta a la vereda La Plazuela, se determinaron aquellas afectaciones puntuales para generar el mapa de riesgo en el que se hiciera evidente aquellos parámetros que se están excediendo y la concentración que estos han alcanzado generando afectaciones a la salud de los consumidores aguas abajo.
- Los usos del suelo que se identificaron en los 19 puntos tomados a lo largo del tramo de la planta hasta la vereda La Plazuela, se caracterizan por ser principalmente predios habitados dentro de los cuales cuentan con áreas determinadas para cultivos como: papa, maíz y algunas frutas, además para el pastoreo y crianza del ganado y otros animales.
Se encontró un área dedicada a la conservación debido a la presencia del parque de la CAR, donde se realizan actividades turísticas y recreativas, incluso en los predios aledaños al parque se encuentra una zona dedicada al comercio de alimentos.
Dentro de los usos del suelo que se pudieron identificar, se encontró un área principalmente boscosa, libre de construcciones aunque afectada por la intervención del hombre para la tala de los eucaliptos y otras especies de vegetación, lo cual está afectando notablemente el paisaje.
- A partir de las visitas realizadas en cada uno de los predios ubicados en la ronda del río y las muestras recolectadas allí mismo, se hizo evidente la presencia de vertimientos domésticos e industriales que afectan la calidad del recurso hídrico

del que se abastece la población aguas abajo, debido a las diferentes actividades económicas que allí se realizan.

- El análisis de las muestras arroja que algunos de los parámetros evaluados exceden los valores estipulados por la Resolución 2115 del 2010, estos son: de *E. Coli*, Coliformes, Hierro y turbiedad; factores que influyen en la calidad del agua consumida por los habitantes aguas debajo de la planta. Estos parámetros excedidos se asocian a las diferentes actividades que se realizan en la ronda del río y al escaso tratamiento de los vertimientos

Bibliografía

- [1] M. d. s. y. p. social, «Vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en Colombia año 2012,» Instituto Nacional de Salud, Bogotá, 2013.
- [2] M. d. S. y. p. Social, «Estado de la vigilancia de la calidad de agua para consumo humano en Colombia año 2012,» Instituto Nacional de Salud, Bogotá, 2013.
- [3] Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, Decreto 1575 de 2007, Bogotá, 2007.
- [4] Alcaldia de Duitama, «Mapa de riesgo de la calidad de agua para consumo humano de la vereda la Trinidad y la vereda Tocogua Municipio de Duitama,» Duitama, 2012.
- [5] Alcaldia del municipio de Cogua, «Plan integral único para la atención a población desplazada,» Cogua, 2011.
- [6] SIVICAP, «Octavo Reporte: Parametro Fisicoquímicos y Microbiológicos inadmisibles por municipio, índices de riesgo,» Instituto Nacional de Salud, 2013.
- [7] Corporación Autonoma Regional - CAR, «Soporte de plan de manejo y ordenamiento de una cuenca- POMCA rio Bogotá. Elaboración del diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca,» Cundinamarca.
- [8] D. Duran y D. C. Suarez, «Perfila ambiental de la subcuenca del Río Neusa,» Bogotá D.C, 2011.
- [9] Comite Municipal para la atención integral a la población desplazada, «Plan integral único para la atención a la población en situación de desplazamiento por la violencia,» Cogua, 2011.
- [10] Alcaldia Municipal de Cogua, «Plan basico de ordenamiento territorial de Municipio de Cogua,» Cogua, 2007.
- [11] American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, «Standard Methods for the Examination of Water and

Wastewater,» New York, 1995.

[12] Organización Mundial para la Salud, «Organización Mundial para la Salud,» Julio 2014. [En línea]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>.

[13] Ministerio de Salud, «Informe Nacional de la calidad del agua para el consumo humano año 2013 con base en el IRCA,» Bogotá, 2014.

[14] Ayala, Julieth Paola; Gutiérrez, Ángela Milena; DISEÑO DEL MAPA DE RIESGO DE CALIDAD DE AGUA POTABLE EN LA SUBCUENCA DEL RIO NEUSA PARA EL TRAMO QUE CORRESPONDE DESDE LA PLANTA HASTA LA PLAZUELA; Universidad Santo Tomas;2015